

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 7 日
Date of Application:

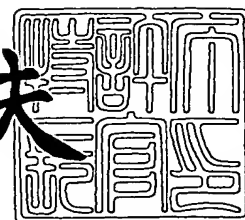
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 8 9 0 5
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 8 8 9 0 5]

出 願 人 三 菱 電 機 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 2 7 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 8 8 5 5 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 545995JP01

【提出日】 平成15年 3月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/028

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県伊丹市瑞原四丁目 1 番地 菱電セミコンダクタシ
 ステムエンジニアリング株式会社内

 【氏名】 松岡 裕益

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 國次 恭宏

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 西口 晴美

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 八木 哲哉

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 中川 康幸

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 堀江 淳一

【特許出願人】

【識別番号】 000006013
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号
【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144
【弁理士】
【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405
【弁理士】
【氏名又は名称】 河宮 治

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザー装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザチップの光出射面の少なくとも片側に、多層誘電体膜で構成された反射膜を有する半導体レーザー装置において、

反射膜は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 の第 1 誘電体膜、屈折率 n_2 の第 2 誘電体膜、屈折率 n_3 の第 3 誘電体膜、屈折率 n_4 の第 4 誘電体膜を含み、

各屈折率は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係を満たすことを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項 2】 レーザチップの光出射面の少なくとも片側に、多層誘電体膜で構成された反射膜を有する半導体レーザー装置において、

反射膜は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 の第 1 誘電体膜、屈折率 n_2 の第 2 誘電体膜、屈折率 n_3 の第 3 誘電体膜、屈折率 n_4 の第 4 誘電体膜を含み、

各屈折率は、 $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ の関係を満たすことを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項 3】 第 1 ～ 第 4 誘電体膜の各膜厚は、光学長に換算して $1/4$ 発振波長の整数倍の厚さに $\pm 30\%$ の範囲で設定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 4】 レーザチップの光出射面の少なくとも片側に、多層誘電体膜で構成された反射膜を有し、発振波長 λ の光を放射する半導体レーザー装置において、

反射膜は、 $3 \sim 15\%$ の反射率を有し、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 および膜厚 d_1 の第 1 誘電体膜、屈折率 n_2 および膜厚 d_2 の第 2 誘電体膜、屈折率 n_3 および膜厚 d_3 の第 3 誘電体膜、屈折率 n_4 および膜厚 d_4 の第 4 誘電体膜を含み、

屈折率 n_1 は $1.6 \sim 1.9$ の範囲で、屈折率 n_2 は $1.3 \sim 1.6$ の範囲で、屈折率 n_3 は $1.9 \sim 2.3$ の範囲で、屈折率 n_4 は $1.3 \sim 1.6$ の範囲で

あり、

膜厚 d_1 は $(2 \cdot h + 1) \lambda / (4 \cdot n_1)$ 、膜厚 d_2 は $(2 \cdot i + 1) \lambda / (4 \cdot n_2)$ 、膜厚 d_3 は $(2 \cdot j + 1) \lambda / (4 \cdot n_3)$ 、膜厚 d_4 は $(2 \cdot k + 1) \lambda / (4 \cdot n_4)$ 、(h, i, j, k は 0 以上の整数) に実質上設定されていることを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項 5】 レーザチップの光出射面の少なくとも片側に、多層誘電体膜で構成された反射膜を有し、発振波長 λ の光を放射する半導体レーザー装置において、

反射膜は、3～15%の反射率を有し、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 および膜厚 d_1 の第 1 誘電体膜、屈折率 n_2 および膜厚 d_2 の第 2 誘電体膜、屈折率 n_3 および膜厚 d_3 の第 3 誘電体膜、屈折率 n_4 および膜厚 d_4 の第 4 誘電体膜を含み、

屈折率 n_1 は 1.9～2.3 の範囲で、屈折率 n_2 は 1.3～1.6 の範囲で、屈折率 n_3 は 1.6～1.9 の範囲で、屈折率 n_4 は 1.3～1.6 の範囲であり、

膜厚 d_1 は $(2 \cdot h + 1) \lambda / (4 \cdot n_1)$ 、膜厚 d_2 は $(2 \cdot i + 1) \lambda / (4 \cdot n_2)$ 、膜厚 d_3 は $(2 \cdot j + 1) \lambda / (4 \cdot n_3)$ 、膜厚 d_4 は $(2 \cdot k + 1) \lambda / (4 \cdot n_4)$ 、(h, i, j, k は 0 以上の整数) に実質上設定されていることを特徴とする半導体レーザー装置。

【請求項 6】 第 1 誘電体膜は、 Al_2O_3 、 CeF_3 、 NdF_3 、 MgO 、 Y_2O_3 のいずれかで形成され、

第 2 誘電体膜および第 4 誘電体膜は、 SiO_2 、 MgF_2 、 BaF_2 、 CaF_2 のいずれかで形成され、

第 3 誘電体膜は、 Ta_2O_5 、 SiO 、 ZrO_2 、 ZnO 、 TiO 、 TiO_2 、 ZnS 、 Nb_2O_5 、 HfO_2 、 AlN のいずれかで形成されることを特徴とする請求項 1 または 4 記載の半導体レーザー装置。

【請求項 7】 第 1 誘電体膜は、 Ta_2O_5 、 SiO 、 ZrO_2 、 ZnO 、 TiO 、 TiO_2 、 ZnS 、 Nb_2O_5 、 HfO_2 、 AlN のいずれかで形成され、

第2誘電体膜および第4誘電体膜は、 SiO_2 、 MgF_2 、 BaF_2 、 CaF_2 のいずれかで形成され、

第3誘電体膜は、 Al_2O_3 、 CeF_3 、 NdF_3 、 MgO 、 Y_2O_3 のいずれかで形成されることを特徴とする請求項2または5記載の半導体レーザ装置。

【請求項8】 レーザチップの光出射面において、発光点以外の領域に第5誘電体膜および第6誘電体膜を組み合わせた多層誘電体膜が追加して形成され、発光点以外の領域の反射率が発光点の領域での反射率より小さいことを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項9】 第5誘電体膜および第6誘電体膜の各膜厚は、光学長に換算して $1/4$ 発振波長の整数倍の厚さに $\pm 30\%$ の範囲で設定されていることを特徴とする請求項8記載の半導体レーザ装置。

【請求項10】 第5誘電体膜は、 Al_2O_3 、 CeF_3 、 NdF_3 、 MgO 、 Y_2O_3 のいずれかで形成され、

第6誘電体膜は、 SiO_2 、 MgF_2 、 BaF_2 、 CaF_2 のいずれかで形成されることを特徴とする請求項9記載の半導体レーザ装置。

【請求項11】 レーザチップは、2つ以上の異なる発振波長を放射する複数の発光点を有することを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の半導体レーザ装置。

【請求項12】 請求項1～10のいずれかに記載の半導体レーザ装置が単一のパッケージ内に複数配置され、

各レーザチップは、互いに異なる発振波長を放射し、

各レーザチップの光出射面に設けられた多層誘電体膜は、同一の材料および同一の膜厚で形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光出射面に誘電体反射膜が設けられた半導体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザにおいて、一般に、ウエハ劈開によって得られる共振器の端面に誘電体膜が形成されている。この端面に形成されるこの誘電体の種類、膜厚、層数を任意に選ぶことで、所望の反射率を得る反射率制御膜を形成することが可能となる。例えば、レーザ光が出射される前端面の反射率を下げ、後端面の反射率を上げることにより高出力化が図られる。

【0003】

しかし、前端面の反射率は単にこの値を低くすれば良いわけではなく、半導体レーザが使用される用途、すなわち要求される特性に応じてその反射率を選定する必要がある。

【0004】

例えば、高出力の半導体レーザにおいて、その光出射前端面の反射率は3%～15%程度である。仮に7%の反射率を得ようとした場合、反射率の制御性は6%±1%が求められる。通常、半導体レーザにおいてレーザ光が出射される前端面の反射率は、 Al_2O_3 や SiO_2 等からなる単層誘電体膜の厚さおよび屈折率によって制御される。

【0005】

図23は、従来の半導体レーザ装置の一例を示す構造図である。レーザチップは、GaAs等の半導体基板1と、活性層2と、活性層2の上方および下方に形成されたクラッド層3と、クラッド層3の上方および下方に形成された電極4などで構成される。

【0006】

半導体レーザ装置は、上述のレーザチップと、レーザ前端面に形成された低反射膜8と、レーザ後端面に形成された高反射膜9などで構成される。

【0007】

一般に、レーザ前端面に用いられる低反射膜8には、真空中でのレーザ発振波長を λ として、 $\lambda/4$ の整数倍± α となるような光学膜厚を有した単層膜が用いられる。ここで、 α は所望の反射率に制御するための修正係数である。

【0008】

半導体レーザの前端面では、レーザ光密度が高くなって、温度が上昇し易い。

そのため低反射膜 8 は、熱拡散板（ヒートスプレッダー）としての役割も果たすように、一般に、膜厚 $3\lambda/4 \pm \alpha$ の酸化アルミニウム膜で形成される。

【0009】

図 24 は、従来の低反射膜について反射率の波長依存性の一例を示すグラフである。図 25 は、従来の低反射膜について反射率の膜厚依存性の一例を示すグラフである。ここでは、低反射膜 8 として、膜厚 318.9 nm ($\alpha = +17 \text{ nm}$) の酸化アルミニウム膜（屈折率 $= 1.638$ ）を、発振波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ の赤色半導体レーザの前端面に設けている。なお、レーザチップの等価屈折率は 3.817 である。

【0010】

図 25 のグラフを見ると、低反射膜 8 の反射率を $6\% \pm 1\%$ の範囲に制御したい場合、膜厚設計値 $d_a = 318.9 \text{ nm}$ に対して $\pm 1\%$ の精度、即ち $\pm 3 \text{ nm}$ 程度の精度で低反射膜 8 の膜厚を制御しなければならないことが判る。このような膜厚精度は、一般に光学薄膜の形成に用いられる蒸着やスパッタでは困難であることから、半導体レーザの製造歩留りの低下を招く。

【0011】

【特許文献 1】

特開 2001-77456 号公報（図 1 等）

【特許文献 2】

特許第 3080312 号公報（第 1 図等）

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

半導体レーザの低反射膜 8 を、例えば反射率 $6\% \pm 1\%$ の範囲で実現しようとした場合、上記酸化アルミニウム単層膜では膜厚ばらつきを $\pm 1\%$ 以内に抑えなければならず、反射率制御性が低くなり歩留りが悪化してしまう。

【0013】

本発明の目的は、レーザ端面に形成される反射膜を構成する誘電体膜の膜厚や屈折率が変動しても反射率を安定に制御でき、用途に応じた所望の反射率を容易に実現できる半導体レーザ装置を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る半導体レーザ装置は、レーザチップの光出射面の少なくとも片側に、多層誘電体膜で構成された反射膜を有し、

反射膜は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 の第1誘電体膜、屈折率 n_2 の第2誘電体膜、屈折率 n_3 の第3誘電体膜、屈折率 n_4 の第4誘電体膜を含み、

各屈折率は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係、または $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ の関係を満たすことを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】

実施の形態1.

図1は、本発明の第1実施形態を示す構造図であり、光軸に沿った垂直断面を示している。レーザチップは、GaAs等の半導体基板1と、活性層2と、活性層2の上方および下方に形成されたクラッド層3と、クラッド層3の上方および下方に形成された電極4などで構成される。

【0016】

半導体レーザ装置は、上述のレーザチップと、レーザ前端面に形成された低反射膜10と、レーザ後端面に形成された高反射膜9などで構成される。

【0017】

低反射膜10は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 および膜厚 d_1 の誘電体膜11、屈折率 n_2 および膜厚 d_2 の誘電体膜12、屈折率 n_3 および膜厚 d_3 の誘電体膜13、屈折率 n_4 および膜厚 d_4 の誘電体膜14で形成されている。

【0018】

本実施形態において、誘電体膜12の屈折率 n_2 と誘電体膜14の屈折率 n_4 とが相等しくなるように材料が選定され、さらに誘電体膜11の屈折率 n_1 は屈折率 n_2 ($= n_4$) 以上になるように材料が選定され、さらに誘電体膜13の屈折率 n_3 は屈折率 n_1 以上になるように材料が選定される。即ち、各誘電体膜1

1 ~ 14 の屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係を満たす。

【0019】

低反射膜 10 の具体的な構成を例示すると、レーザチップとして発振波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ の赤色半導体レーザ（等価屈折率：3.817）を使用した場合、誘電体膜 11 には屈折率 $n_1 = 1.638$ の酸化アルミニウム Al_2O_3 、誘電体膜 12 および誘電体膜 14 には屈折率 $n_2 = n_4 = 1.489$ の酸化珪素 SiO_2 、誘電体膜 13 には屈折率 $n_3 = 2.063$ の酸化タンタル Ta_2O_5 をそれぞれ使用している。

【0020】

さらに、各誘電体膜 11 ~ 14 の膜厚 $d_1 \sim d_4$ は、光学長に換算して発振波長の 4 分の 1、即ち $\lambda/4$ となるように設定しており、具体的には、誘電体膜 11 の膜厚 $d_1 = 100.7 \text{ nm}$ 、誘電体膜 12 の膜厚 $d_2 = 110.8 \text{ nm}$ 、誘電体膜 13 の膜厚 $d_3 = 80.0 \text{ nm}$ 、誘電体膜 14 の膜厚 $d_4 = 110.8 \text{ nm}$ ($= d_2$) にそれぞれ設定している。

【0021】

こうした構成によって低反射膜 10 は、発振波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ で 6 % の反射率が得られる。

【0022】

図 2 は、低反射膜 10 の反射率について波長依存性を示すグラフである。このグラフから、中心波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ で 6 % の反射率を示しており、図 24 のグラフと比べて、発振波長の変化に対する反射率変化は格段に小さくなり、レーザ発振波長が変動しても低反射膜 10 は安定した反射率を示すことが判る。

【0023】

図 3 は、低反射膜 10 の反射率について第 1 誘電体膜 11 の膜厚依存性を示すグラフである。図 4 は、低反射膜 10 の反射率について第 2 誘電体膜 12 の膜厚依存性を示すグラフである。図 5 は、低反射膜 10 の反射率について第 3 誘電体膜 13 の膜厚依存性を示すグラフである。図 6 は、低反射膜 10 の反射率について第 4 誘電体膜 14 の膜厚依存性を示すグラフである。

【0024】

これらのグラフから、膜厚設計値 d_a で 6 % の反射率を示しており、図 25 のグラフと比べて、各誘電体膜の膜厚変化に対する反射率変化は格段に小さくなり、膜厚 $d_1 \sim d_4$ が膜厚設計値 d_a に対して $\pm 10\%$ の範囲で変動しても、低反射膜 10 の反射率はほとんど変化しておらず、最大でも 0.3 % の反射率変化に抑制できることが判る。

【0025】

次に、発振波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ で 7 % の反射率を示す低反射膜 10 を得る場合は、上述と同様に、誘電体膜 11 には屈折率 $n_1 = 1.638$ の酸化アルミニウム Al_2O_3 、誘電体膜 12 および誘電体膜 14 には屈折率 $n_2 = n_4 = 1.489$ の酸化珪素 SiO_2 、誘電体膜 13 には屈折率 $n_3 = 2.063$ の酸化タンタル Ta_2O_5 をそれぞれ使用し、各誘電体膜の膜厚について、膜厚 $d_1 = 100.7 \text{ nm}$ 、膜厚 $d_2 = d_4 = 100.0 \text{ nm}$ 、膜厚 $d_3 = 100.0 \text{ nm}$ にそれぞれ設定している。

【0026】

図 7 は、低反射膜 10 の反射率について波長依存性を示すグラフである。このグラフから、中心波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ で 7 % の反射率を示しており、図 24 のグラフと比べて、発振波長の変化に対する反射率変化は小さくなり、レーザ発振波長が変動しても低反射膜 10 は安定した反射率を示すことが判る。

【0027】

図 8 は、低反射膜 10 の反射率について第 1 誘電体膜 11 の膜厚依存性を示すグラフである。図 9 は、低反射膜 10 の反射率について第 2 誘電体膜 12 の膜厚依存性を示すグラフである。図 10 は、低反射膜 10 の反射率について第 3 誘電体膜 13 の膜厚依存性を示すグラフである。図 11 は、低反射膜 10 の反射率について第 4 誘電体膜 14 の膜厚依存性を示すグラフである。

【0028】

これらのグラフから、膜厚設計値 d_a で 7 % の反射率を示しており、図 25 のグラフと比べて、各誘電体膜の膜厚変化に対する反射率変化は格段に小さくなり、膜厚 $d_1 \sim d_4$ が膜厚設計値 d_a に対して $\pm 10\%$ の範囲で変動しても、低反射膜 10 の反射率はほとんど変化しておらず、最大でも 0.8 % の反射率変化に

抑制できることが判る。

【0029】

このように各誘電体膜 11～14 の屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係を満たすことによって、多層誘電体膜の反射率の波長依存性および膜厚依存性が小さくなり、半導体レーザの製造歩留りを向上させることができる。

【0030】

また、屈折率 n_1 は 1.6～1.9 の範囲で、屈折率 n_2 は 1.3～1.6 の範囲で、屈折率 n_3 は 1.9～2.3 の範囲で、屈折率 n_4 は 1.3～1.6 の範囲であり、膜厚 d_1 は $(2 \cdot h + 1) \lambda / (4 \cdot n_1)$ 、膜厚 d_2 は $(2 \cdot i + 1) \lambda / (4 \cdot n_2)$ 、膜厚 d_3 は $(2 \cdot j + 1) \lambda / (4 \cdot n_3)$ 、膜厚 d_4 は $(2 \cdot k + 1) \lambda / (4 \cdot n_4)$ 、(h, i, j, k は 0 以上の整数) に実質上設定することによって、多層誘電体膜を 3～15% の範囲で所望の反射率に調整することができる。

【0031】

また、各屈折率が、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ という関係を満たすには、誘電体膜 11 は、 Al_2O_3 、 CeF_3 、 NdF_3 、 MgO 、 Y_2O_3 のいずれかで形成し、誘電体膜 12 および誘電体膜 14 は、 SiO_2 、 MgF_2 、 BaF_2 、 CaF_2 のいずれかで形成し、誘電体膜 13 は、 Ta_2O_5 、 SiO 、 ZrO_2 、 ZnO 、 TiO 、 TiO_2 、 ZnS 、 Nb_2O_5 、 HfO_2 、 AlN のいずれかで形成することが好ましく、これらの材料を使用することによって所望の反射率を有する多層誘電体膜を容易に実現できる。

【0032】

また、誘電体膜 11～14 の屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係を満たすとともに、膜厚 $d_1 \sim d_4$ を光学長換算で $\pm 30\%$ の範囲で個別に調整することによって、所望の波長において 3～15% の範囲で所望の反射率を実現できる。そのため、用途に応じた仕様変更が容易になり、波長依存性や膜厚依存性を考慮することで半導体レーザ装置の製造歩留りも改善できる。

【0033】

以上の説明では、単一の発振波長を有するレーザ光を発光する半導体レーザ装

置について詳述したが、単一のレーザチップ中に互いに異なる発振波長を放射する複数の発光点を有する、いわゆるマルチビームレーザについても上述と同様な低反射膜 10 を適用することができる。

【0034】

例えば、DVD（デジタルビデオディスク）とCD（コンパクトディスク）の両方の規格に対応可能なレーザチップは、波長 660 nm のビームと波長 780 nm のビームを放射する。この場合、2つの波長について所望の反射率を有する多層誘電体膜が望まれる。

【0035】

そこで、各誘電体膜 11～14 の各屈折率が、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ という関係を満たすとともに、膜厚 $d_1 \sim d_4$ を、光学長換算で波長の 4 分の 1 を中心膜厚として $\pm 30\%$ の範囲で調整することによって、所望の波長ごとに所望の反射率を達成することができ、例えば、図 12 に示すように、波長 660 nm および波長 780 nm の両方で約 6% の反射率を示す多層誘電体膜を実現することができる。

【0036】

また、上述の半導体レーザ装置を単一のパッケージ内に複数配置し、各レーザチップは互いに異なる発振波長を放射するとともに、各レーザチップの光出射面に設ける多層誘電体膜を同一の材料および同一の膜厚で形成する場合も、マルチビームレーザの場合と同様に、誘電体膜 11～14 の膜厚 $d_1 \sim d_4$ を、光学長換算で波長の 4 分の 1 を中心膜厚として $\pm 30\%$ の範囲で調整することによって、所望の波長ごとに所望の反射率を達成することができる。

【0037】

実施の形態 2.

本実施形態において、半導体レーザ装置の構成は図 1 のものと同様であるが、低反射膜 10 は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 および膜厚 d_1 の誘電体膜 11、屈折率 n_2 および膜厚 d_2 の誘電体膜 12、屈折率 n_3 および膜厚 d_3 の誘電体膜 13、屈折率 n_4 および膜厚 d_4 の誘電体膜 14 で形成し、屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ の関係を満たすように材料が選定

される。

【0038】

低反射膜 10 の具体的な構成を例示すると、レーザチップとして発振波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ の赤色半導体レーザ（等価屈折率：3.817）を使用した場合、レーザチップに接する誘電体膜 11 には屈折率 $n_1 = 2.063$ の酸化タンタル Ta_2O_5 、誘電体膜 12 および誘電体膜 14 には屈折率 $n_2 = n_4 = 1.489$ の酸化珪素 SiO_2 、誘電体膜 13 には $n_3 = 1.638$ の酸化アルミニウム Al_2O_3 をそれぞれ使用している。

【0039】

さらに、各誘電体膜 11～14 の膜厚 $d_1 \sim d_4$ は、光学長に換算して発振波長の 4 分の 1、即ち $\lambda/4$ となるように設定しており、具体的には、誘電体膜 11 の膜厚 $d_1 = 80.0 \text{ nm}$ 、誘電体膜 12 の膜厚 $d_2 = 110.8 \text{ nm}$ 、誘電体膜 13 の膜厚 $d_3 = 100.7 \text{ nm}$ 、誘電体膜 14 の膜厚 $d_4 = 110.8 \text{ nm}$ ($= d_2$) にそれぞれ設定している。

【0040】

こうした構成によって低反射膜 10 は、発振波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ で 6 % の反射率が得られる。

【0041】

図 13 は、低反射膜 10 の反射率について波長依存性を示すグラフである。このグラフから、中心波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ で 6 % の反射率を示しており、図 24 のグラフと比べて、発振波長の変化に対する反射率変化は小さくなり、レーザ発振波長が変動しても低反射膜 10 は安定した反射率を示すことが判る。

【0042】

図 14 は、低反射膜 10 の反射率について第 1 誘電体膜 11 の膜厚依存性を示すグラフである。図 15 は、低反射膜 10 の反射率について第 2 誘電体膜 12 の膜厚依存性を示すグラフである。図 16 は、低反射膜 10 の反射率について第 3 誘電体膜 13 の膜厚依存性を示すグラフである。図 17 は、低反射膜 10 の反射率について第 4 誘電体膜 14 の膜厚依存性を示すグラフである。

【0043】

これらのグラフから、膜厚設計値 d_a で 6 % の反射率を示しており、図 25 のグラフと比べて、各誘電体膜の膜厚変化に対する反射率変化は格段に小さくなり、膜厚 $d_1 \sim d_4$ が膜厚設計値 d_a に対して $\pm 10\%$ の範囲で変動しても、低反射膜 10 の反射率はほとんど変化しておらず、最大でも 0.3 % の反射率変化に抑制できることが判る。

【0044】

このように各誘電体膜 11 ~ 14 の屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ の関係を満たすことによって、多層誘電体膜の反射率の波長依存性および膜厚依存性が小さくなり、半導体レーザーの製造歩留りを向上させることができる。

【0045】

また、屈折率 n_1 は 1.9 ~ 2.3 の範囲で、屈折率 n_2 は 1.3 ~ 1.6 の範囲で、屈折率 n_3 は 1.6 ~ 1.9 の範囲で、屈折率 n_4 は 1.3 ~ 1.6 の範囲であり、膜厚 d_1 は $(2 \cdot h + 1) \lambda / (4 \cdot n_1)$ 、膜厚 d_2 は $(2 \cdot i + 1) \lambda / (4 \cdot n_2)$ 、膜厚 d_3 は $(2 \cdot j + 1) \lambda / (4 \cdot n_3)$ 、膜厚 d_4 は $(2 \cdot k + 1) \lambda / (4 \cdot n_4)$ 、(h, i, j, k は 0 以上の整数) に実質上設定することによって、多層誘電体膜を 3 ~ 15 % の範囲で所望の反射率に調整することができる。

【0046】

また、各屈折率が、 $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ という関係を満たすには、誘電体膜 11 は、 Ta_2O_5 , SiO , ZrO_2 , ZnO , TiO , TiO_2 , ZnS , Nb_2O_5 , HfO_2 , AlN のいずれかで形成し、誘電体膜 12 および誘電体膜 14 は、 SiO_2 , MgF_2 , BaF_2 , CaF_2 のいずれかで形成し、誘電体膜 13 は、 Al_2O_3 , CeF_3 , NdF_3 , MgO , Y_2O_3 のいずれかで形成することが好ましく、これらの材料を使用することによって所望の反射率を有する多層誘電体膜を容易に実現できる。

【0047】

また、誘電体膜 11 ~ 14 の屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ の関係を満たすとともに、膜厚 $d_1 \sim d_4$ を光学長換算で $\pm 30\%$ の範囲で個別に調整することによって、所望の波長において 3 ~ 15 % の範囲で所望の反射率を

実現できる。そのため、用途に応じた仕様変更が容易になり、波長依存性や膜厚依存性を考慮することで半導体レーザ装置の製造歩留りも改善できる。

【0048】

また、DVD及びCD兼用ピックアップのように、単一のレーザチップ中に互いに異なる発振波長を放射する複数の発光点を有する、いわゆるマルチビームレーザについても上述と同様な低反射膜10を適用することができる。

【0049】

また、上述の半導体レーザ装置を単一のパッケージ内に複数配置し、各レーザチップは互いに異なる発振波長を放射するとともに、各レーザチップの光出射面に設ける多層誘電体膜を同一の材料および同一の膜厚で形成する場合も、マルチビームレーザの場合と同様に、所望の波長ごとに所望の反射率を達成することができる。

【0050】

実施の形態3.

本実施形態において、半導体レーザ装置の構成は図1のものと同様であるが、上述の4層構成の低反射膜10に加えて、発光点以外の領域に第5の誘電体膜と第6の誘電体膜を組み合わせた多層誘電体膜を部分的に形成することにより、発光点の領域での反射率より小さい低反射膜を形成している。

【0051】

光ディスク用半導体レーザにおいて、光ディスクのトラッキングにいわゆる所謂3ビーム法が用いられることから、光ディスクからの戻り光が半導体レーザチップの発光点以外の領域に照射されることがある。チップ端面に一樣な反射膜を形成した場合、発光点以外の反射率は発光点と同じになるため、光ディスクからの戻り光が更にチップ端面で反射して、再び光ディスクに戻ることで光ピックアップのトラッキング特性に悪影響を及ぼすことがある。このような悪影響を抑えるために、半導体レーザチップの発光点以外の領域ではできるだけ低反射コーティングがなされていることが望ましい。

【0052】

そこで、レーザチップの光出射面において、上述の4層構成の低反射膜に加え

て、発光点以外の領域に第5の誘電体膜と第6の誘電体膜を組み合わせた多層誘電体膜を部分的に形成することにより、発光点の領域での反射率より小さい低反射膜を簡単に得ることができる。

【0053】

例えば、4層構成の低反射膜10に接する側から順に、屈折率 n_5 および膜厚 d_5 の誘電体膜Q5、屈折率 n_6 および膜厚 d_6 の誘電体膜Q6、屈折率 n_7 ($=n_5$) および膜厚 d_7 ($=d_5$) の誘電体膜Q7、屈折率 n_8 ($=n_6$) および膜厚 d_8 ($=d_6$) の誘電体膜Q8の2ペア積層膜を形成する場合、膜厚 $d_5 \sim d_8$ を光学長に換算して $1/4$ 発振波長の整数倍に実質上設定することによって、反射率を部分的に小さくできる。

【0054】

例えば、誘電体膜Q5として、屈折率 $n_5 = 1.640$ の材料で膜厚 $d_5 = 100.6 \text{ nm}$ に、誘電体膜Q6として、屈折率 $n_6 = 1.450$ の材料で膜厚 $d_6 = 113.8 \text{ nm}$ に、誘電体膜Q7として、屈折率 $n_7 = 1.640$ の材料で膜厚 $d_7 = 100.6 \text{ nm}$ に、誘電体膜Q8として、屈折率 $n_8 = 1.450$ の材料で膜厚 $d_8 = 113.8 \text{ nm}$ にそれぞれ形成して、2ペア積層膜をを発光点以外の領域に追加形成した場合、図18に示すように、波長 660 nm で約0%の反射率を示す無反射膜を実現することができる。

【0055】

図19は、上記無反射膜の反射率について誘電体膜Q5の膜厚依存性を示すグラフである。図20は、上記無反射膜の反射率について誘電体膜Q6の膜厚依存性を示すグラフである。図21は、上記無反射膜の反射率について誘電体膜Q7の膜厚依存性を示すグラフである。図22は、上記無反射膜の反射率について誘電体膜Q8の膜厚依存性を示すグラフである。

【0056】

これらのグラフから、膜厚設計値 d_a で0%の反射率を示しており、各誘電体膜の膜厚変化に対する反射率変化は格段に小さくなり、膜厚 $d_5 \sim d_8$ が膜厚設計値 d_a に対して $\pm 10\%$ の範囲で変動しても、反射率はほとんど変化しておらず、最大でも0.5%の反射率変化に抑制できることが判る。

【0057】

なお上述の各実施形態において、多層誘電体膜をレーザチップの光出射面の片側に設けた例を説明したが、本発明に係る多層誘電体膜をレーザチップの共振器端面の両方に設けても構わない。

【0058】

【発明の効果】

以上詳説したように、多層誘電体膜を構成する第1誘電体膜～第4誘電体膜の屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係、または $n_2 = n_4 \leq n_3 \leq n_1$ の関係を満たすことによって、多層誘電体膜の反射率の波長依存性および膜厚依存性が小さくなり、用途に応じた所望の反射率を容易に実現できる。また、そのため半導体レーザの製造歩留りを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態を示す構造図である。

【図2】 低反射膜10の反射率について波長依存性を示すグラフである。

【図3】 低反射膜10の反射率について第1誘電体膜11の膜厚依存性を示すグラフである。

【図4】 低反射膜10の反射率について第2誘電体膜12の膜厚依存性を示すグラフである。

【図5】 低反射膜10の反射率について第3誘電体膜13の膜厚依存性を示すグラフである。

【図6】 低反射膜10の反射率について第4誘電体膜14の膜厚依存性を示すグラフである。

【図7】 低反射膜10の反射率について波長依存性を示すグラフである。

【図8】 低反射膜10の反射率について第1誘電体膜11の膜厚依存性を示すグラフである。

【図9】 低反射膜10の反射率について第2誘電体膜12の膜厚依存性を示すグラフである。

【図10】 低反射膜10の反射率について第3誘電体膜13の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 1】 低反射膜 10 の反射率について第 4 誘電体膜 14 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 2】 2 つの波長で約 6 % の反射率を示す多層誘電体膜の波長依存性を示すグラフである。

【図 1 3】 低反射膜 10 の反射率について波長依存性を示すグラフである。

【図 1 4】 低反射膜 10 の反射率について第 1 誘電体膜 11 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 5】 低反射膜 10 の反射率について第 2 誘電体膜 12 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 6】 低反射膜 10 の反射率について第 3 誘電体膜 13 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 7】 低反射膜 10 の反射率について第 4 誘電体膜 14 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 1 8】 無反射膜の反射率について波長依存性を示すグラフである。

【図 1 9】 無反射膜の反射率について誘電体膜 Q5 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 2 0】 無反射膜の反射率について誘電体膜 Q6 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 2 1】 無反射膜の反射率について誘電体膜 Q7 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 2 2】 無反射膜の反射率について誘電体膜 Q8 の膜厚依存性を示すグラフである。

【図 2 3】 従来の半導体レーザ装置の一例を示す構造図である。

【図 2 4】 従来の低反射膜について反射率の波長依存性の一例を示すグラフである。

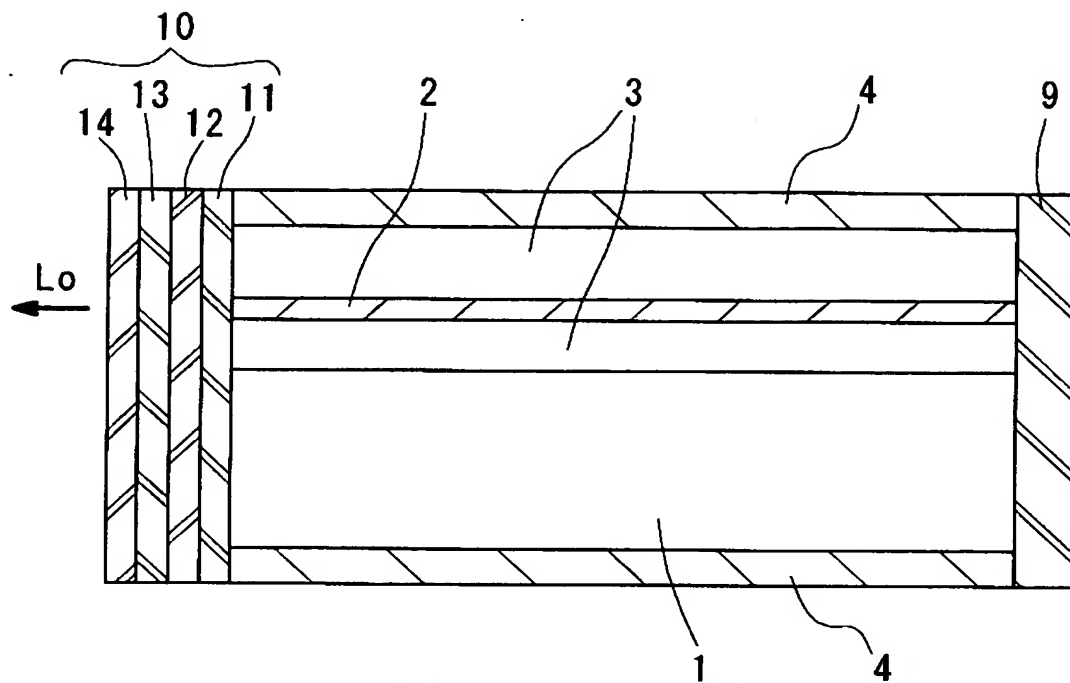
【図 2 5】 従来の低反射膜について反射率の膜厚依存性の一例を示すグラフである。

【符号の説明】

1 基板、 2 活性層、 3 クラッド層、 4 電極、 9 高反射膜、
1 0 低反射膜、 1 1 ～ 1 4 誘電体膜。

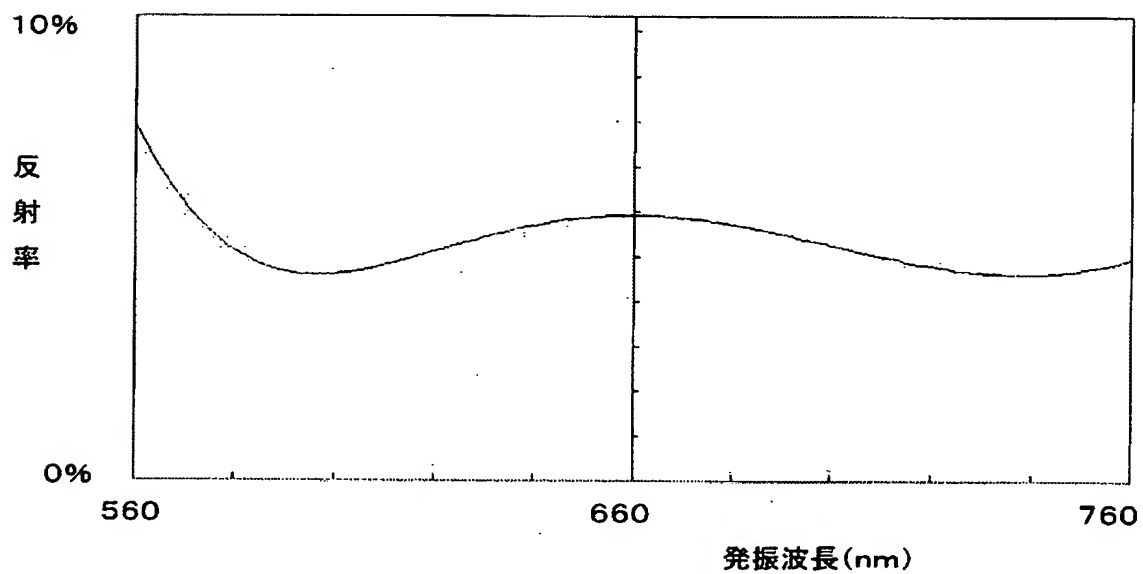
【書類名】 図面

【図 1】

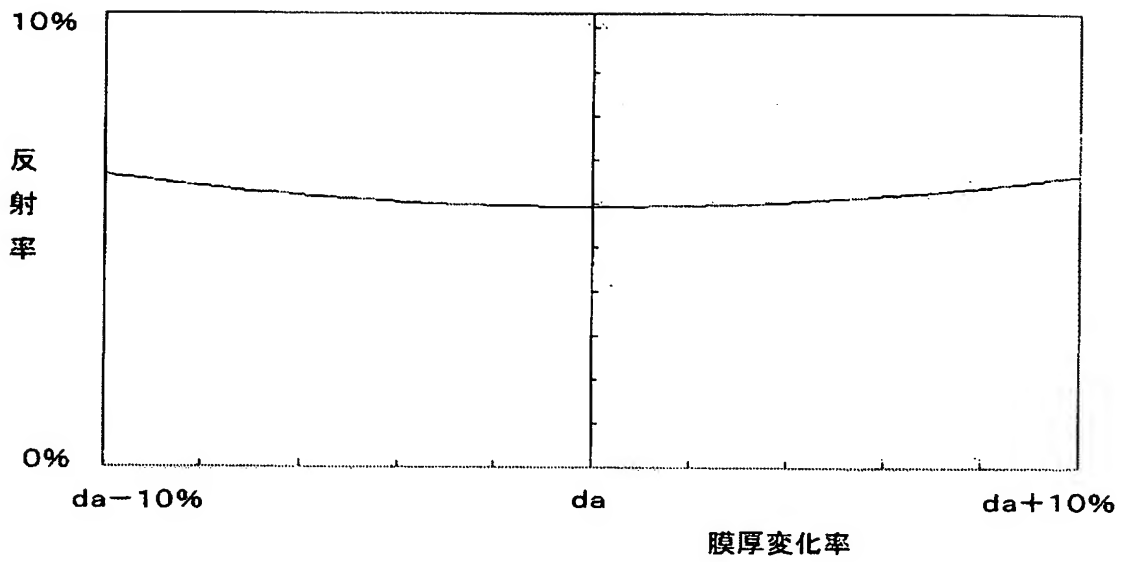


1:基板 2:活性層 3:クラッド層 4:電極
9:高反射膜 10:低反射膜 11-14:誘電体膜

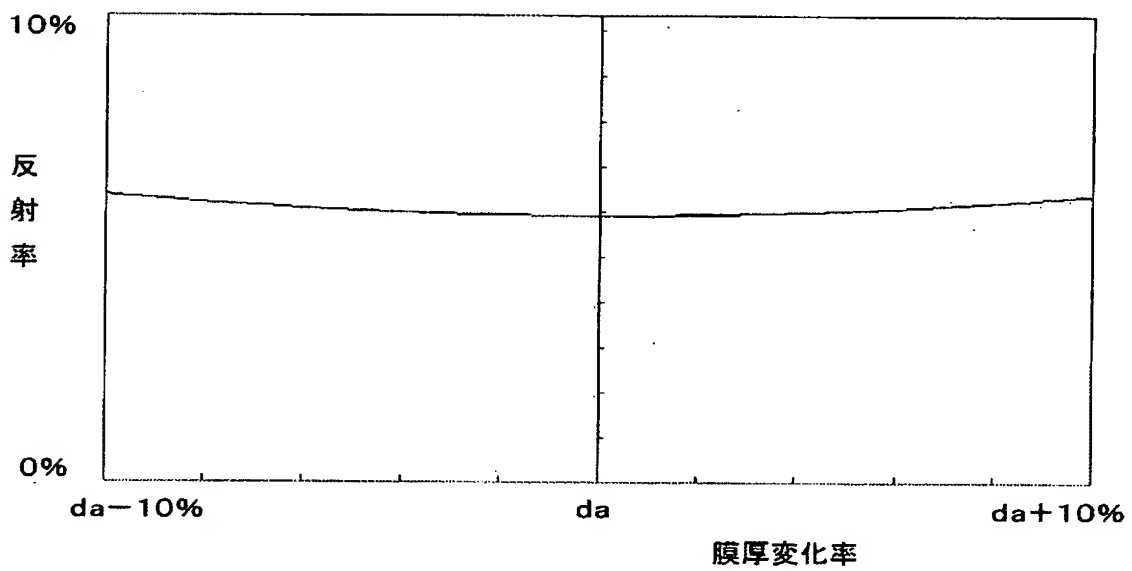
【図 2】



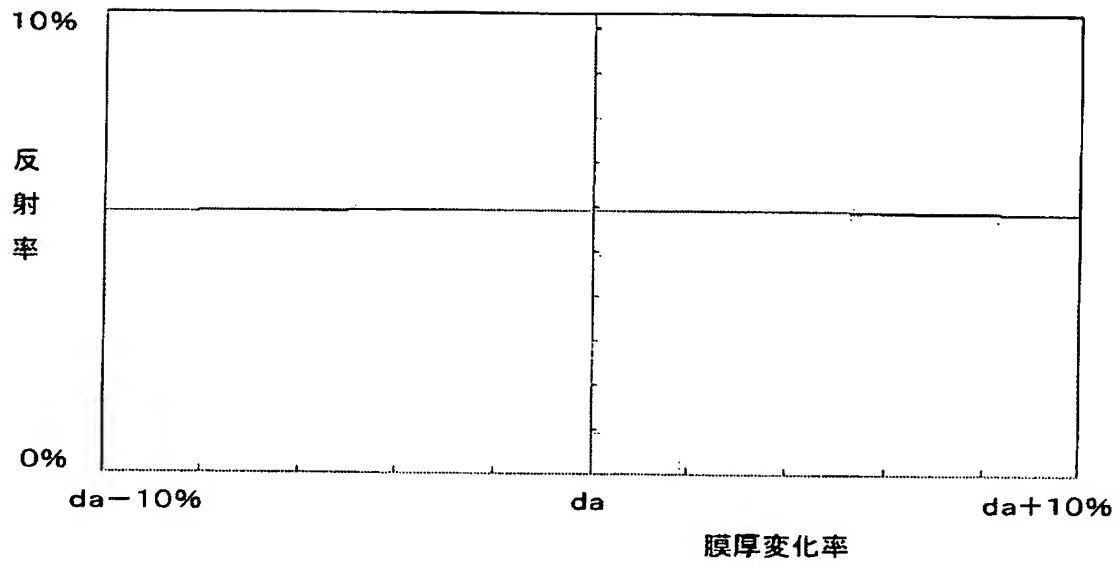
【図 3】



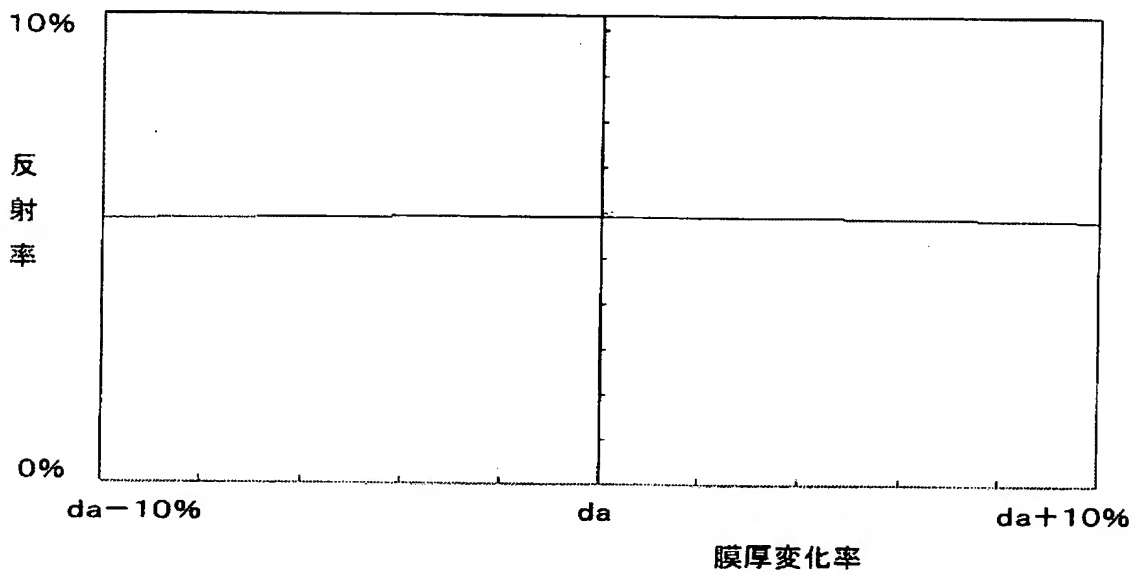
【図 4】



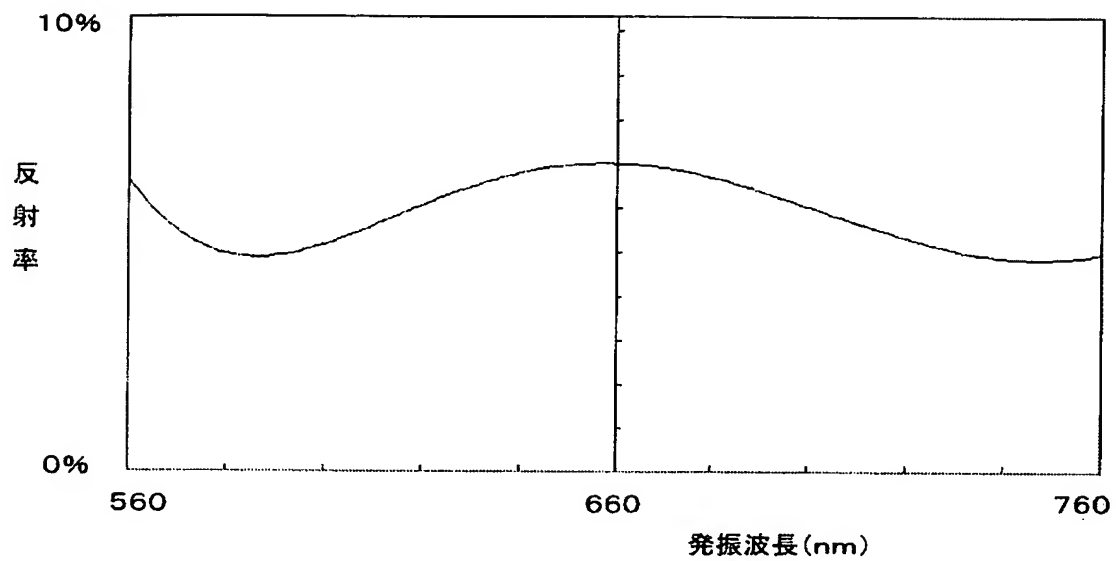
【図 5】



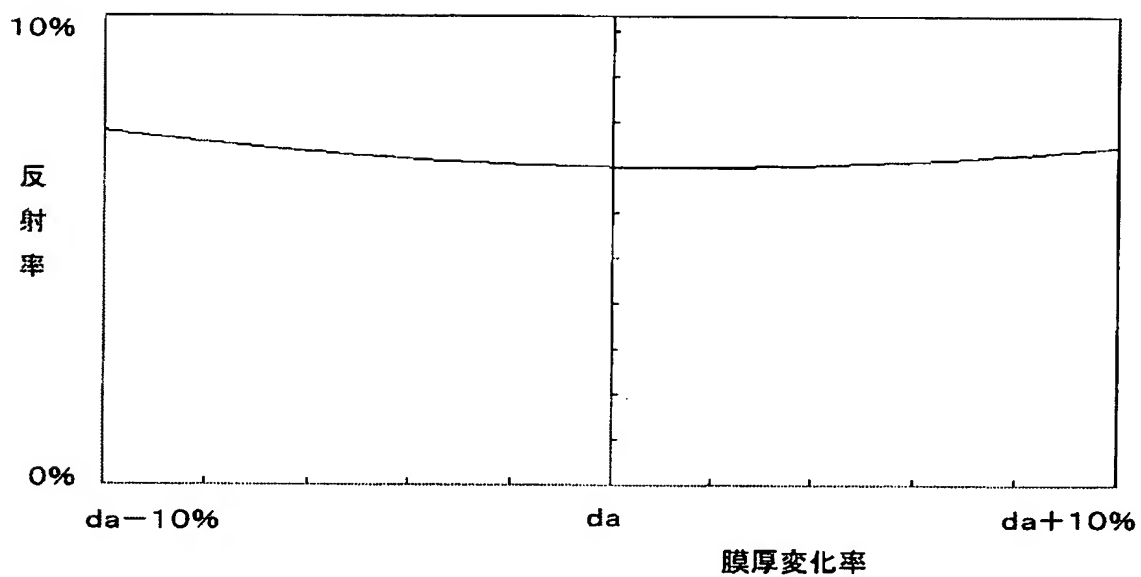
【図 6】



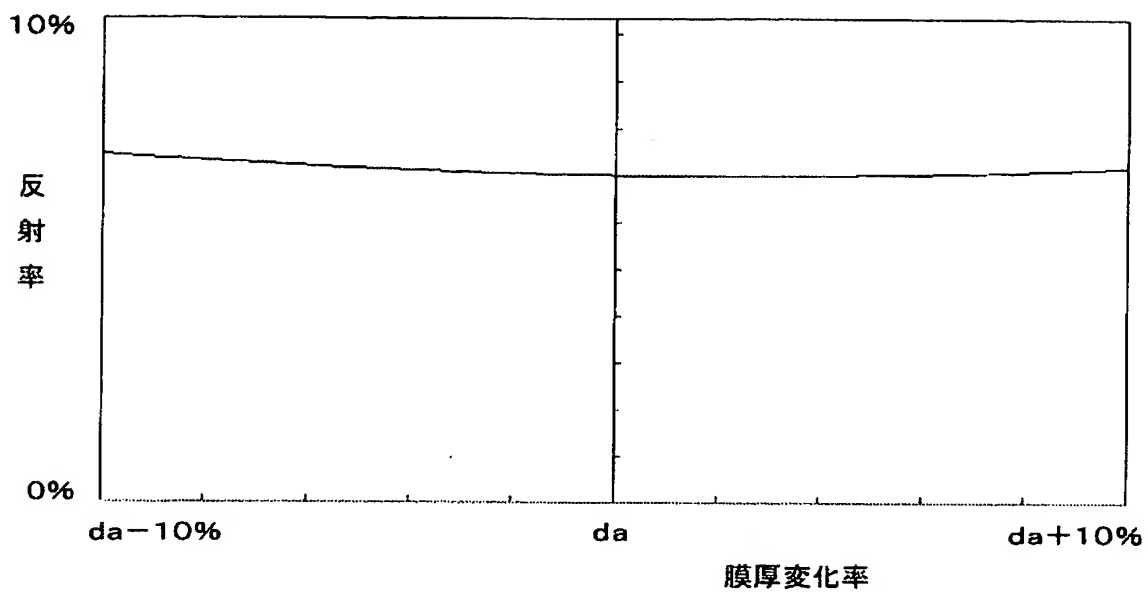
【図 7】



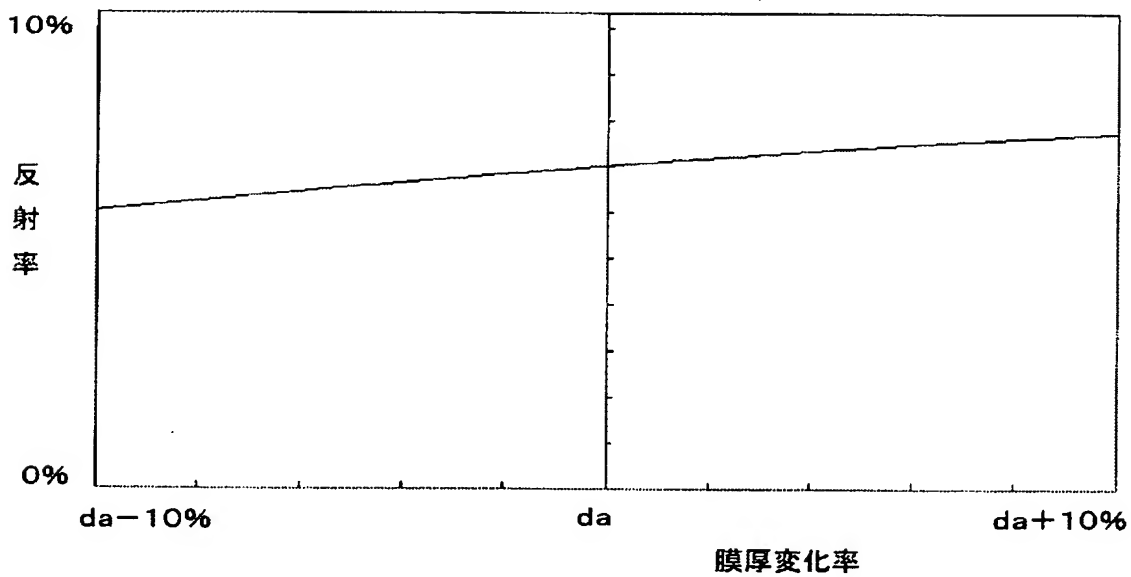
【図 8】



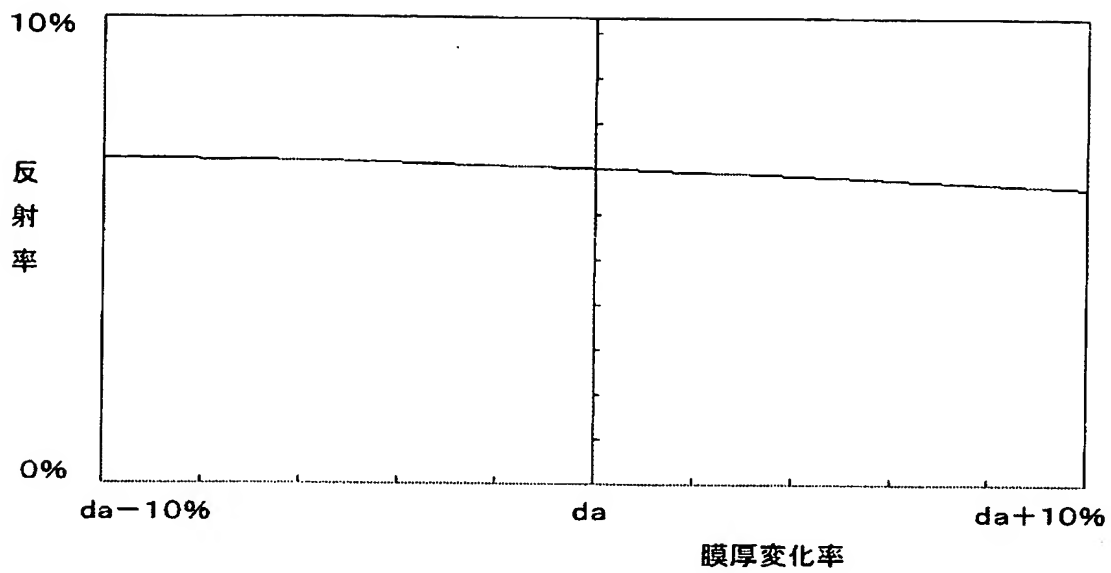
【図9】



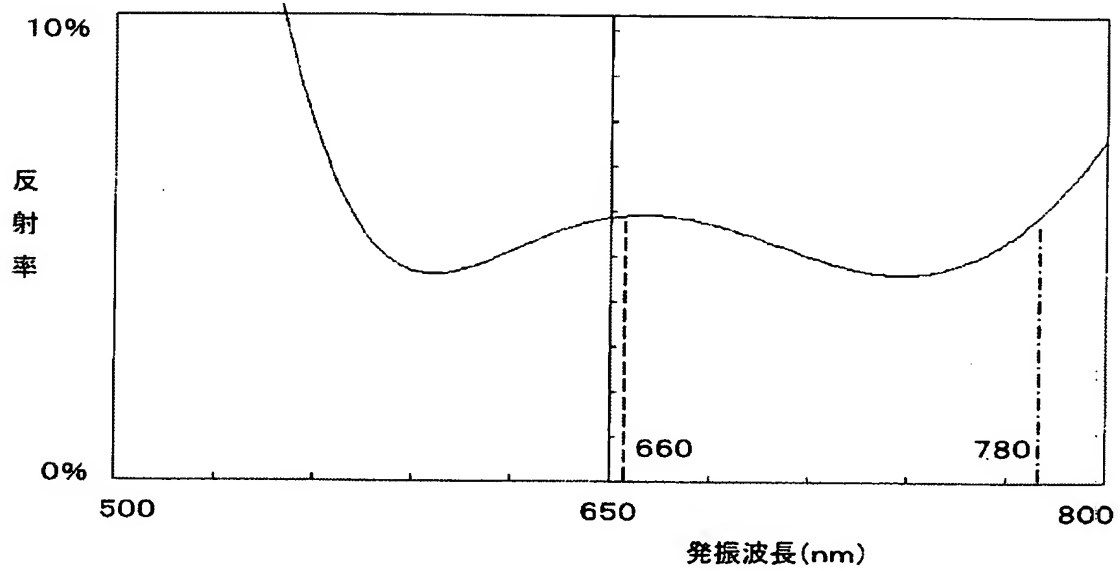
【図10】



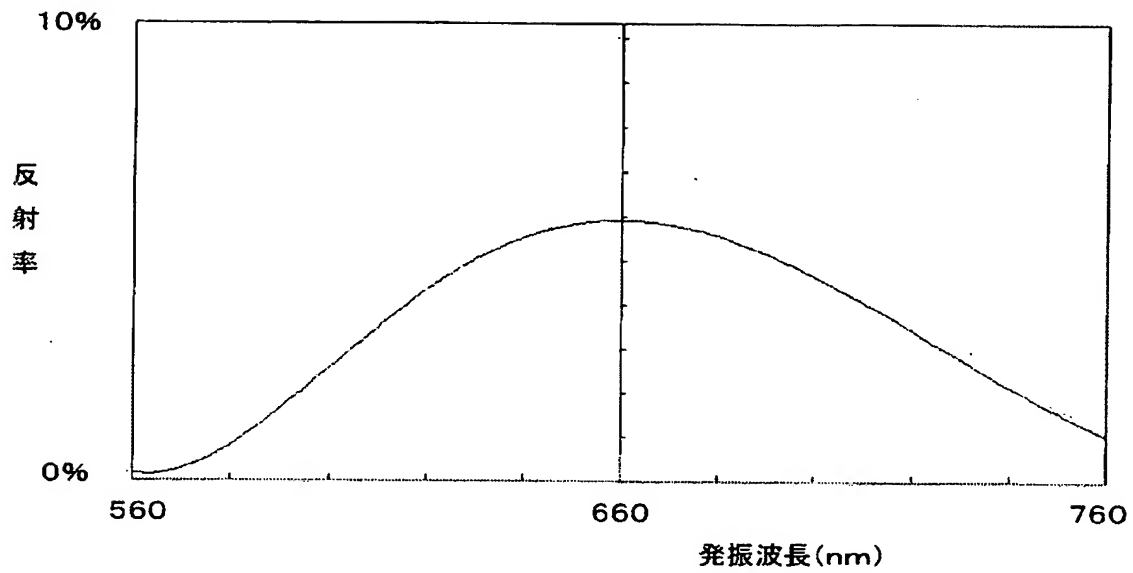
【図 11】



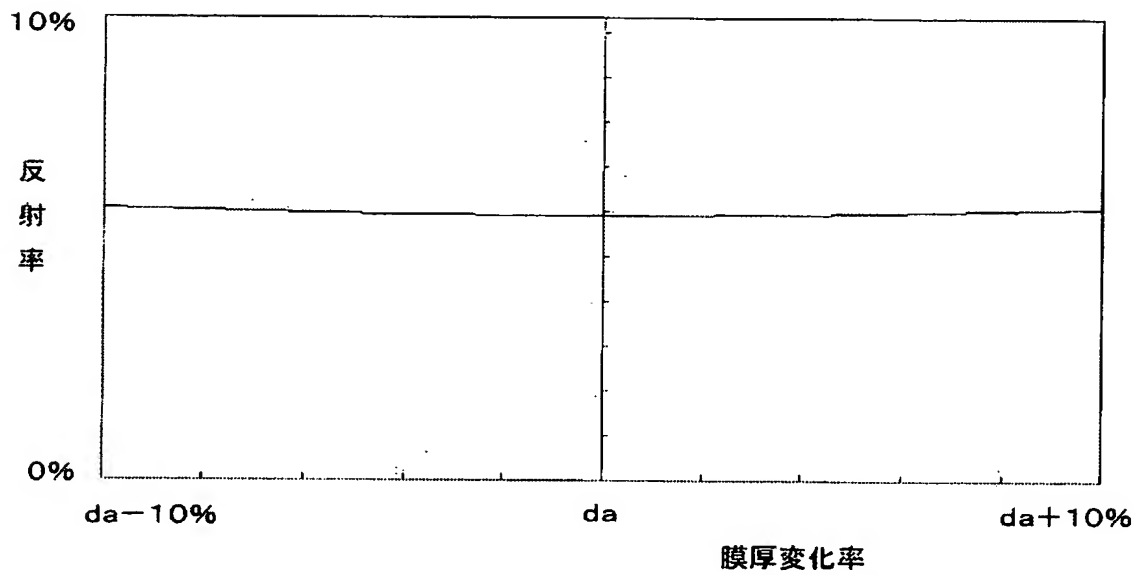
【図 12】



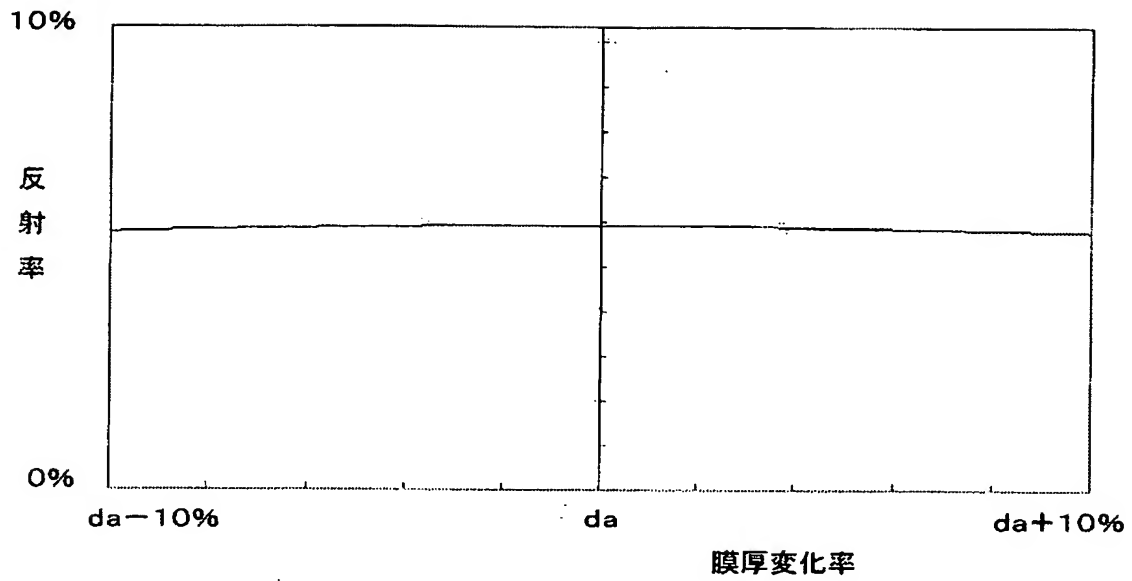
【図13】



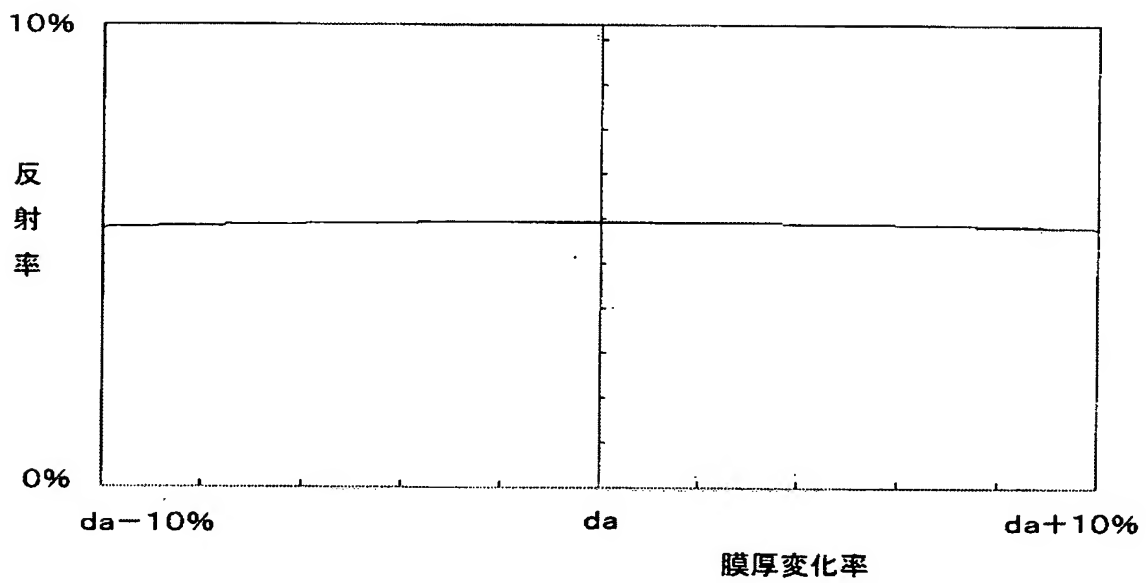
【図14】



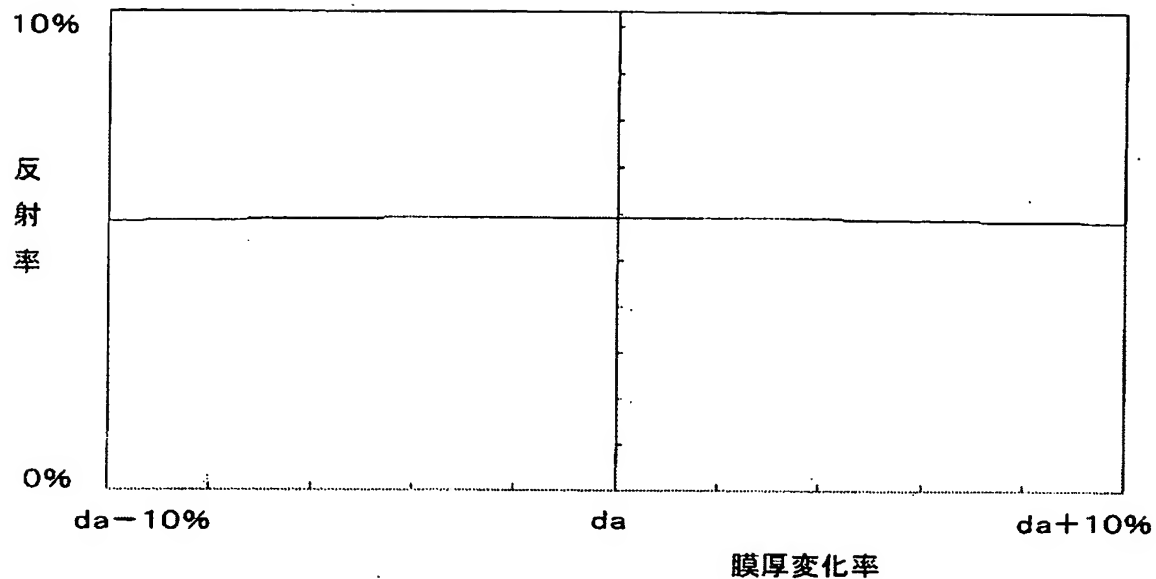
【図 15】



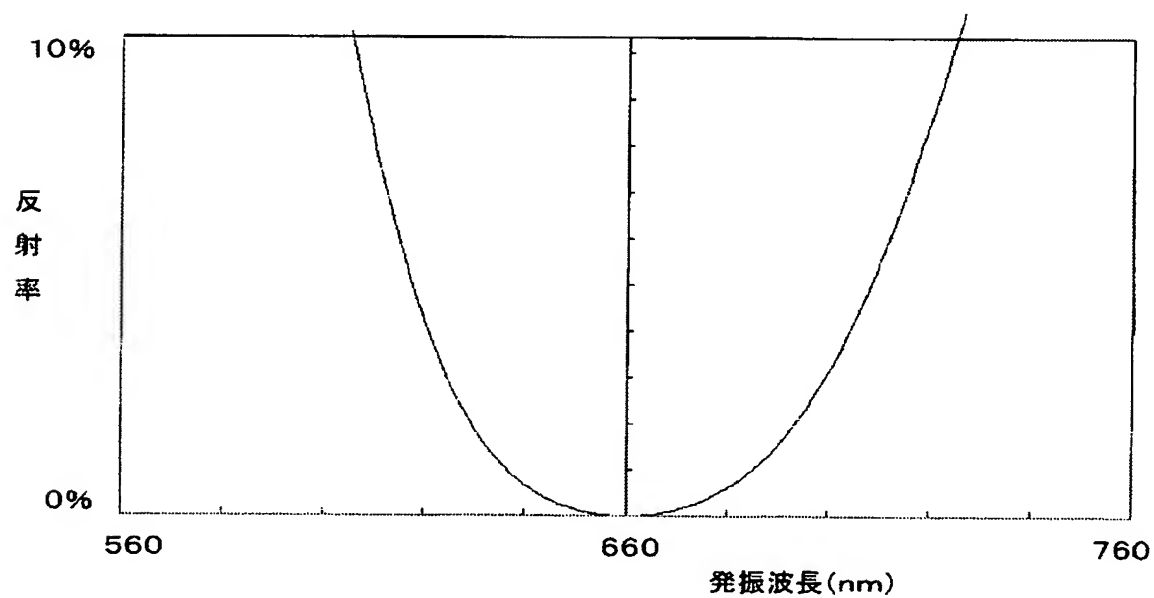
【図 16】



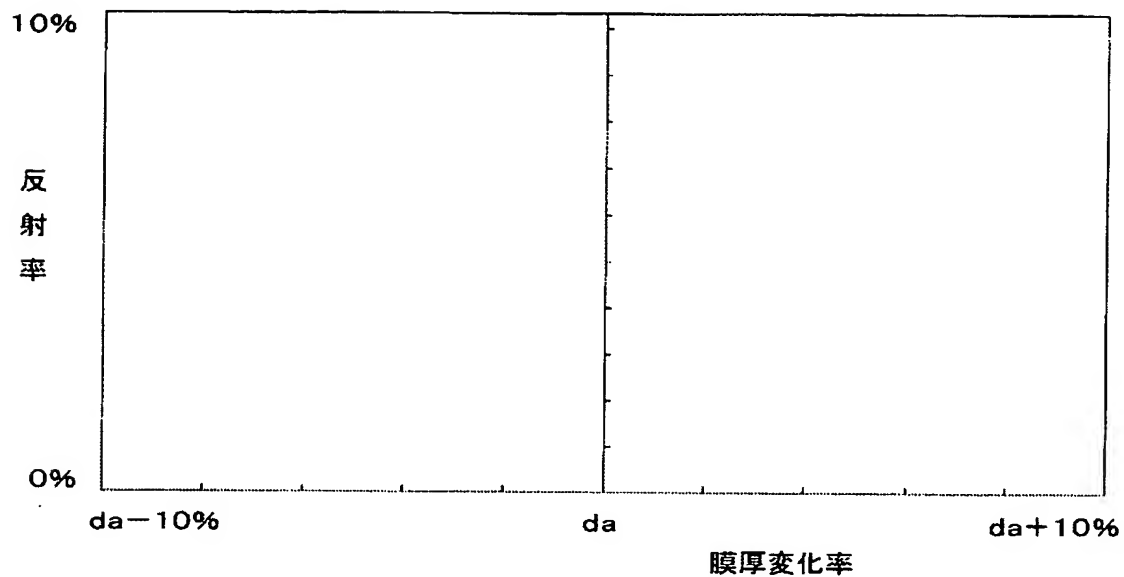
【図 17】



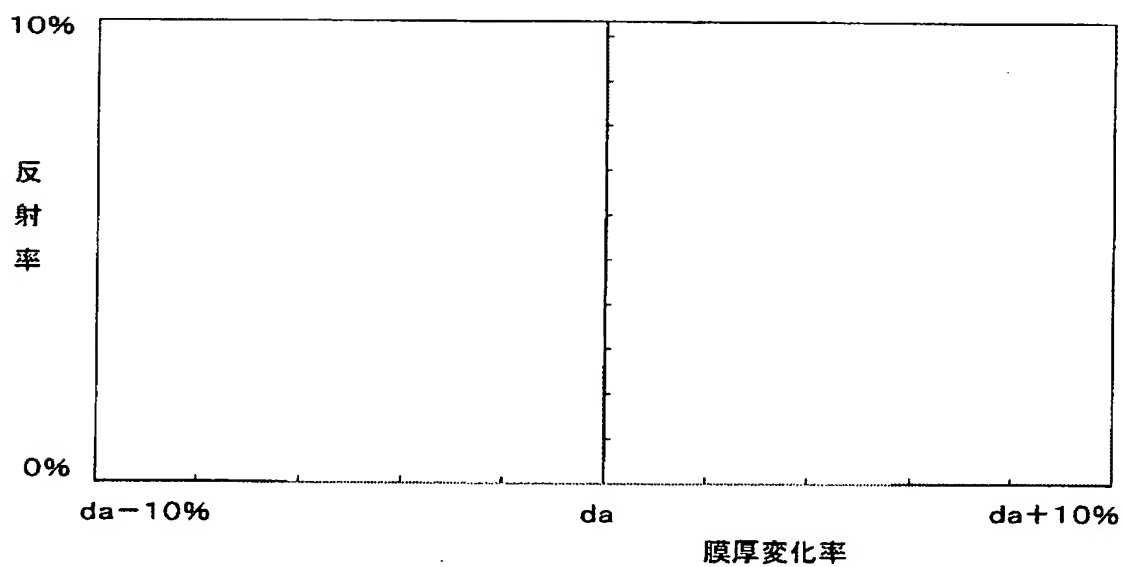
【図 18】



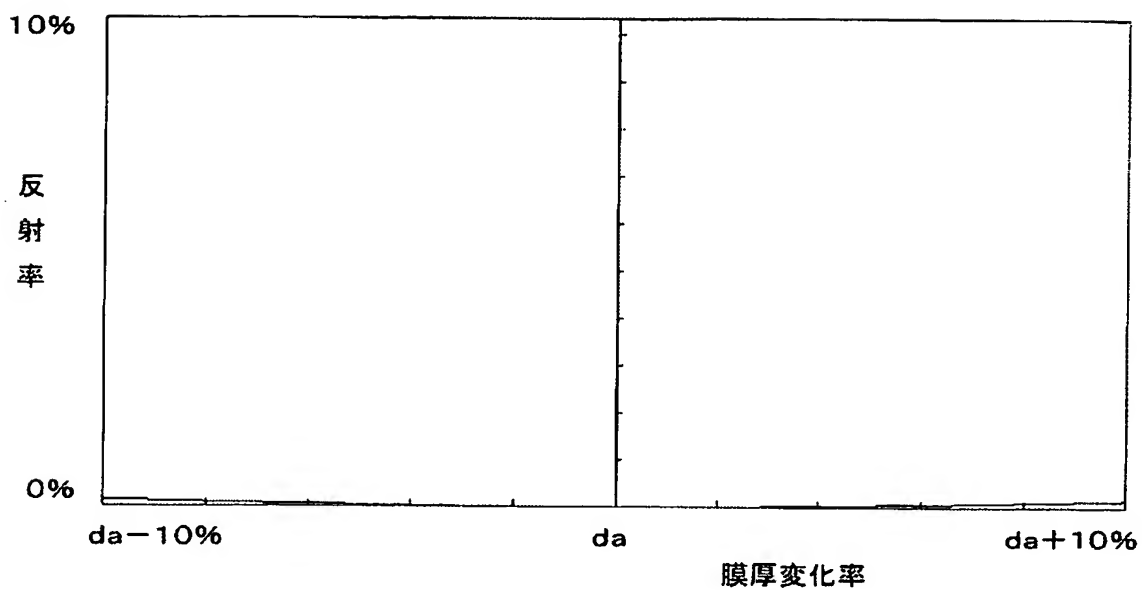
【図 19】



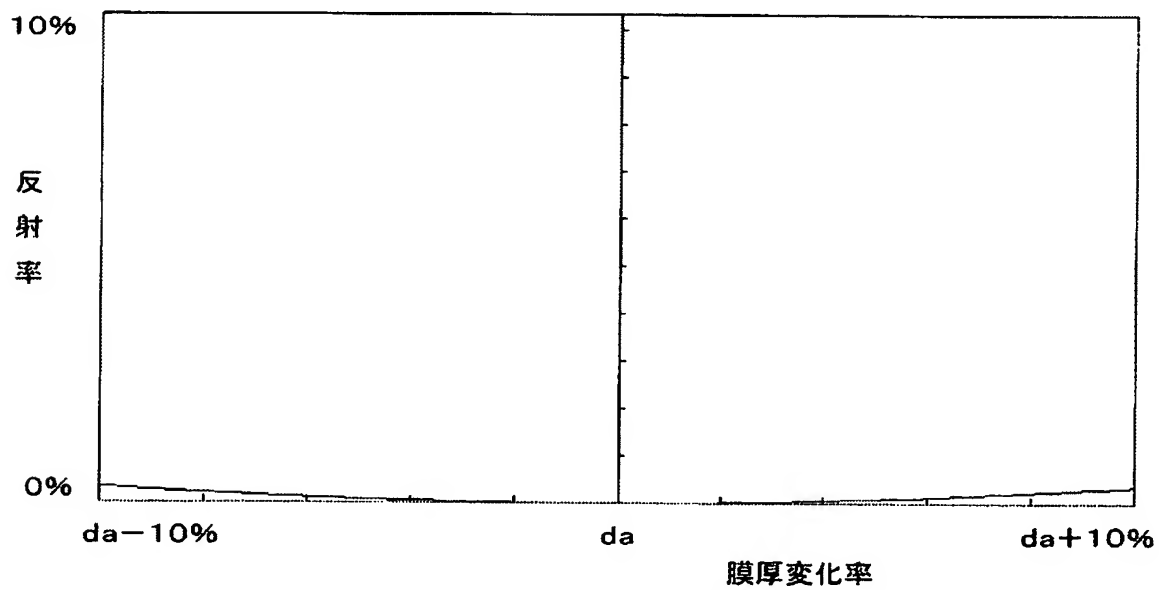
【図 20】



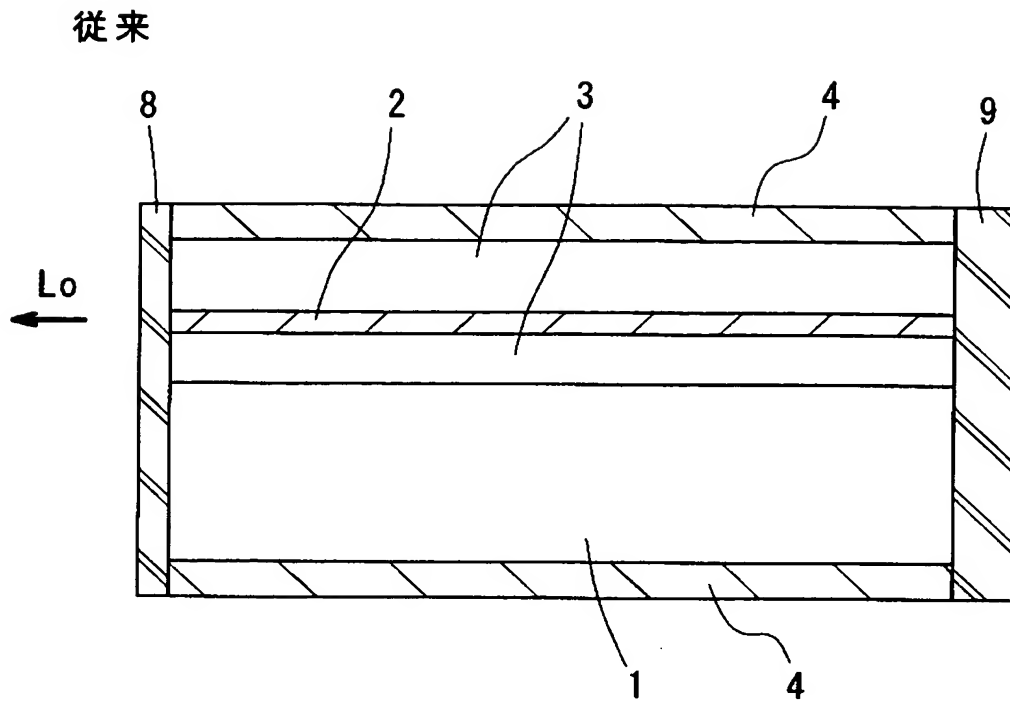
【図 2 1】



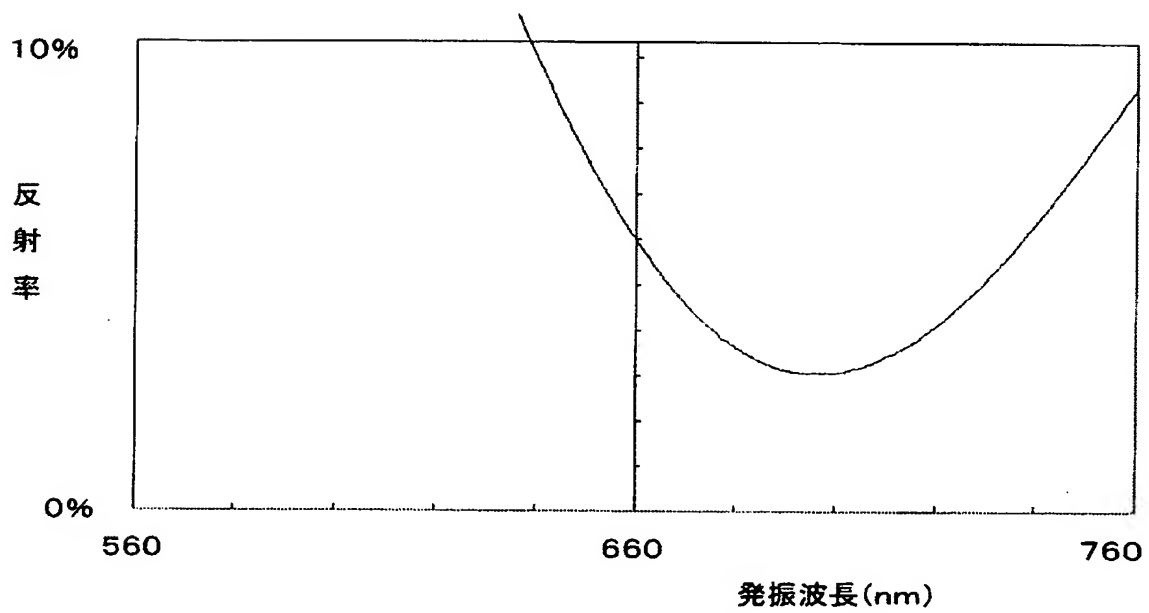
【図 2 2】



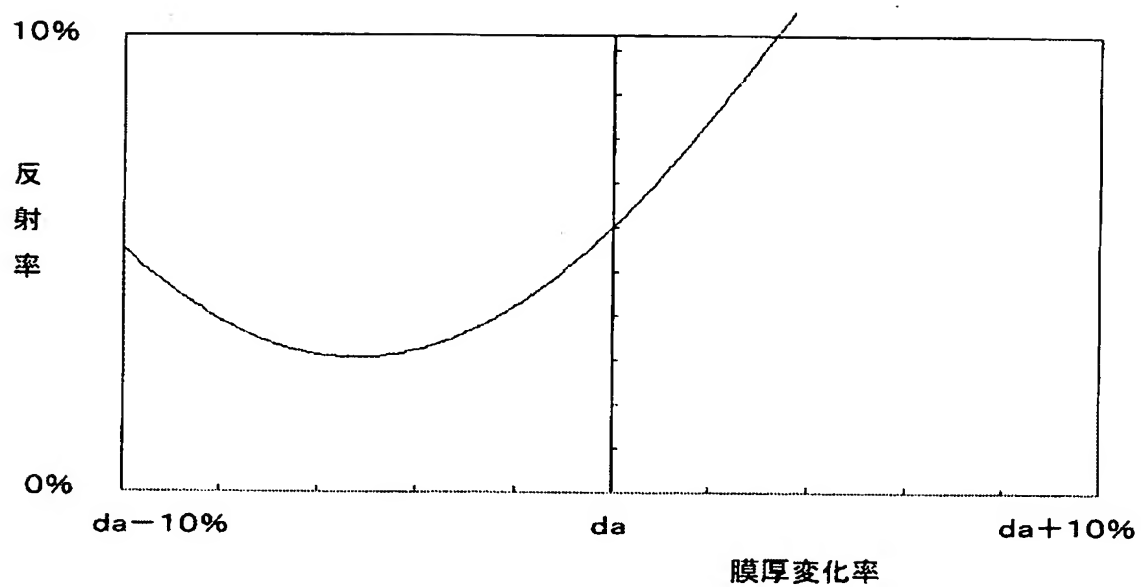
【図 2 3】



【図 2 4】



【図 25】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザ端面に形成される反射膜を構成する誘電体膜の膜厚や屈折率が変動しても反射率を安定に制御でき、用途に応じた所望の反射率を容易に実現できる半導体レーザ装置を提供する

【解決手段】 低反射膜 10 は、レーザチップに接する側から順に、屈折率 n_1 の誘電体膜 11、屈折率 n_2 の誘電体膜 12、屈折率 n_3 の誘電体膜 13、屈折率 n_4 の誘電体膜 14 で形成され、屈折率 $n_1 \sim n_4$ は、 $n_2 = n_4 \leq n_1 \leq n_3$ の関係を満たす。具体的には、波長 $\lambda = 660 \text{ nm}$ の赤色半導体レーザを使用した場合、誘電体膜 11 には屈折率 $n_1 = 1.638$ の酸化アルミニウム Al_2O_3 、誘電体膜 12 および誘電体膜 14 には屈折率 $n_2 = n_4 = 1.489$ の酸化珪素 SiO_2 、誘電体膜 13 には屈折率 $n_3 = 2.063$ の酸化タンタル Ta_2O_5 をそれぞれ使用する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 8 8 9 0 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 0 1 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社